

Article, Published Version

Glazik, G.

Bau- und Betriebserfahrungen an Schiffshebewerken

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106245>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Glazik, G. (1988): Bau- und Betriebserfahrungen an Schiffshebewerken. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 53. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 7-44.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Bau- und Betriebserfahrungen an Schiffshebewerken

Dr.-Ing. G. Glazik KDT

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist das Interesse an Schiffshebewerken - dem wohl imposantesten Ingenieurbauwerk des Binnenverkehrswasserbaues - international deutlich gewachsen. Es hat sich die Einschätzung der Fachleute bestätigt, die, wie z. B. ROTHMUND in /1/, DEHNERT in /2/ und PRESS in /3/, Anfang der fünfziger Jahre in etwa ähnlichen Formulierungen feststellten, daß "zweifellos ... in den nächsten Jahrzehnten Hebewerke vermehrt und für größere Höhen gebaut werden, und somit neue Vorschläge, Neukonstruktionen, aber auch alte, gute Gedanken in moderner Ausbildung herauskommen" /3/.

Dieses Interesse ist begründet durch

- die Notwendigkeit des Ersatzes sowohl überalterter Hebewerke als auch von Schleusentreppen unter Zusammenfassung der Fallhöhen in einem einzigen Abstiegsbauwerk;
- den Neubau von Wasserstraßen unter Berücksichtigung der durch die technische Entwicklung ermöglichten Überwindung großer Fallhöhen;
- die stärkere Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Gesichtspunkte (gegenüber einer Schleuse hat ein Schiffshebewerk kaum Wasserverbrauch).

Das Interesse wird auch dadurch dokumentiert, daß jetzt wieder - 30 Jahre nach dem Buch von DEHNERT - eine Monographie /4/ über Schiffshebewerke erschienen ist.

2. Zielgerichteter Erfahrungsaustausch durch die "Ständige Internationale Vereinigung der Schiffahrtskongresse" (PIANC)

Wie auch für andere Teilgebiete des Verkehrswasserbaus hat die PIANC in ihrem jetzt über 100jährigen Bestehen viel für die Verbreitung von Erfahrungen mit Schiffsschleusen und -hebwerken getan /5/. Bereits auf ihrem ersten Kongress im Jahre 1885 standen u. a. die Fragen nach den Vorteilen verschiedener Schleusenarten und nach der größtmöglichen Hubhöhe auf der Tagesordnung. Der Kongreß im Jahre 1902 behandelte speziell die Überwindung großer Höhen; bezüglich der Schiffshebwerke verabschiedete er Empfehlungen, die vom nachfolgenden Kongreß 1905 bestätigt wurden und die insbesondere folgende Punkte betrafen:

- Hebewerke sind vor allem dann eine Lösung für große Hubhöhen, wenn es an Wasserressourcen mangelt.
- Der Bau von Schiffshebwerken setzt einen hohen Stand der Metallurgie und des Stahlbaus voraus.

Größere Erfahrungen mit Hebewerken lagen damals noch nicht vor; die ersten (senkrechten) Hebewerke für größere Schiffe von 300 t bzw. 360 t und Hubhöhen von 13 m bzw. 15 m waren gerade erst 1888 in Frankreich und Belgien entstanden.

In späteren Jahren wurden von Zeit zu Zeit immer wieder Probleme der Schiffshebwerke erörtert. Der Kongreß 1965 gab u. a. folgende Orientierung:

"Unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts kann man Bauwerke mit kleiner Fallhöhe bis zu 10 m und Bauwerke mit sehr großen Höhen von mehr als 30 m unterscheiden. Bei den kleinen Fallhöhen ist die Schleuse, bei den großen das Schiffshebewerk üblich."

Zwecks zusammenfassender Vermittlung von Erfahrungen schuf die PIANC 1972 eine internationale Kommission für das Studium von Schleusen, Hebewerken, Trockendocks und Wehren. Dieser Themenkreis erwies sich jedoch als zu umfassend, so daß im Laufe der Zeit einzelne Themen besonders abgehandelt wurden. Auf dem im Juni 1985 in Brüssel durchgeführten 26. Internationalen Schiffahrtskongreß /6/ stand u. a. folgendes Thema auf der Tagesordnung:

"Neuerungen beim Entwurf sowie bei den Bau- und Betriebsmethoden von Stauanlagen und Bauwerken zur Überwindung von Fallhöhen unter besonderer Berücksichtigung neuer Materialien und Bautechnologien sowie der steigenden Anwendung der Elektronik in Betriebssystemen."

Der Generalberichter zu dem Thema, Prof. J. SEYVERT von der Universität Brüssel, hob hervor, daß bei der Vielzahl und der Unterschiedlichkeit der in den vorgelegten Beiträgen behandelten Fragen nur wenig Platz für die der Schiffshebwerke geblieben ist und daß diese wiederum allein ein Kongreßthema sein könnten. Während des Kongresses in Brüssel wurde im Rahmen der o. g. Studienkommission eine spezielle Arbeitsgruppe für Schiffshebwerke unter Leitung von Prof. J. SEYVERT gebildet, die folgenden Arbeitsplan annahm:

- Beschreibung der Prinzipien und der hauptsächlichlichen Elemente;
- Beschreibung der verschiedenen Systeme;
- Beschreibung der existierenden Schiffshebwerke und Lehren aus ihrem Betrieb;
- Mögliche zukünftige Anwendungen;
- Empfehlungen auf Grund von Erfahrungen mit existierenden Schiffshebwerken.

Dabei sollten im einzelnen behandelt werden:

- Schlußfolgerungen aus den technischen und den ökonomischen Untersuchungen für die Wahl eines bestimmten Systems;
- Ereignisse, wie Unfälle und Havarien während der Bauausführung;
- Baukosten;
- Während des Betriebes erkannte Vor- und Nachteile;
- Ereignisse, wie Unfälle und Havarien während des Betriebes und deren Behebung;
- Betriebs-, Unterhaltungs- und Instandsetzungskosten.

Mit den auf dem Territorium der DDR vorhandenen Schiffshebwerken Niederfinow und Rothensee (Inbetriebnahme 1934 bzw. 1938) wurde eine neue, moderne Phase des Hebewerkbaus eingeleitet. Es ist verständlich, daß die internationale Fachwelt ein Interesse an den mit diesen Bauwerken gesammelten Erfah-

rungen hat. Dementsprechend wurde der Autor dieses Beitrages in die Arbeit der Arbeitsgruppe einbezogen. Mit dem vorliegenden Beitrag wird über einige Erfahrungen mit den genannten Anlagen berichtet.

3. Gegengewichtshebewerk Niederfinow

3.1. Allgemeines

Am 21. März 1984 jährte sich zum 50. Mal der Tag der Inbetriebnahme des Schiffshebewerkes Niederfinow. Dieses Jubiläum erreichte das Hebewerk ohne größere Ausfallzeiten. Nach umfangreichen Vorbereitungsarbeiten wurde im September 1984 mit einer Generalreparatur begonnen, die im April 1985 planmäßig abgeschlossen wurde, worüber in /7/ ausführlich berichtet wird.

Über die Konstruktion und den Bau des Schiffshebewerkes Niederfinow finden sich in der Fachliteratur zahlreiche Veröffentlichungen. Zu seiner Einordnung in Entwicklungstendenzen werden am Schluß dieses Beitrages einige Ausführungen gemacht. Das Hebewerk gehört zur Oder-Havel-Wasserstraße. Der Bau des Oder-Havel-Kanals, als Verbindung zwischen den beiden Strömen, parallel zum Finowkanal, wurde 1905 beschlossen. Der Abstieg bei Niederfinow, mit ca. 36 m, mußte bei seiner Inbetriebnahme im Jahre 1914 über eine Schleusentreppe mit vier Schleusen von je 9 m Höhenunterschied überwunden werden. Bereits damals wurde an den Bau eines Schiffshebewerkes gedacht. Die Entwicklung der Technik war aber noch nicht soweit fortgeschritten, um dieses Vorhaben zu verwirklichen. Anfang der zwanziger Jahre begann dann intensiv die Vorbereitung des Baus eines Hebewerkes. Verschiedene Firmen legten Entwürfe vor und unterbreiteten Vorschläge. Zur Ausführung gelangte der Entwurf der Wasserstraßenverwaltung (Bild 1). Das Hebewerk wurde für Schiffe bis 1000 t bei senkrechtem Hub und völligem Gewichtsausgleich vorgesehen, welcher mit Gegengewichten und Seilen über Seilscheiben erfolgt.

3.2. Betriebserfahrungen

Wie bei jeder größeren Anlage, so wurden natürlich auch nach Inbetriebnahme des Schiffshebewerkes Niederfinow Erfahrungen gesammelt, die zu kleineren Änderungen und Ergänzungen an einzelnen Teilen führten und über die seinerzeit zahlreiche veröffentlichte Fachaufsätze berichteten. Sie wurden von DEHNERT in /2/ zusammengefaßt dargestellt. Daraus seien kurz genannt:

- Elektrische Beheizung des Troges zum Schutz gegen Frostschäden;
- Gleichmäßige Einstellung der Antriebe;
- Veränderungen bzw. Verstärkungen an einigen Stahlbauteilen, u. a. um eine bessere Zugänglichkeit für Unterhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten zu erreichen.

Im Verhältnis zur Größe und Kompliziertheit der Anlage sind das nur wenige und keine gravierenden Punkte gewesen.

Mit dem 50jährigen Jubiläum des Schiffshebewerkes wurde auch die 500 000ste Trogfahrt durchgeführt. Das Jubiläum war u. a. Anlaß, rückblickend die bisherigen allgemeinen Betriebserfahrungen einzuschätzen. Nachstehend werden in Anlehnung an eine Darstellung /8/ des derzeitigen Leiters des Hebewerkes, J. VÖLTER, die wesentlichsten Betriebsergebnisse chronologisch dargestellt. Nach der Inbetriebnahme am 21. März 1934 arbeitete das Hebewerk - sieht man von den bereits erwähnten anfänglichen Änderungen usw. ab - bis zum 1. April 1944 praktisch störungsfrei. An diesem Tag löste sich ein Keil in der Ringwellenleitung einer Antriebsmaschine, wobei sich der Trog schief stellte; die Beseitigung dieser Havarie nahm 12 Tage in Anspruch.

Den 2. Weltkrieg hat das Schiffshebewerk ohne Schaden überstanden; es konnte jedoch erst wieder im August 1945 in Betrieb gehen - u. a. wegen Ausfall der Stromversorgung. Mit der Bereitstellung von Dieselmotorkraftstoff und der Inbetriebnahme des Dieselmotorkraftwerkes konnte der Schiffahrts- und Hebewerksbetrieb wieder aufgenommen werden.

Im Frühjahr 1947 kam es durch Deichbruch an der Oder zur Überschwemmung der gesamten Niederung um das Schiffshebewerk. Sämtliche Betriebsgebäude, einschließlich des Dieselmotorkraftwerkes, standen unter Wasser. Nach Rückgang des

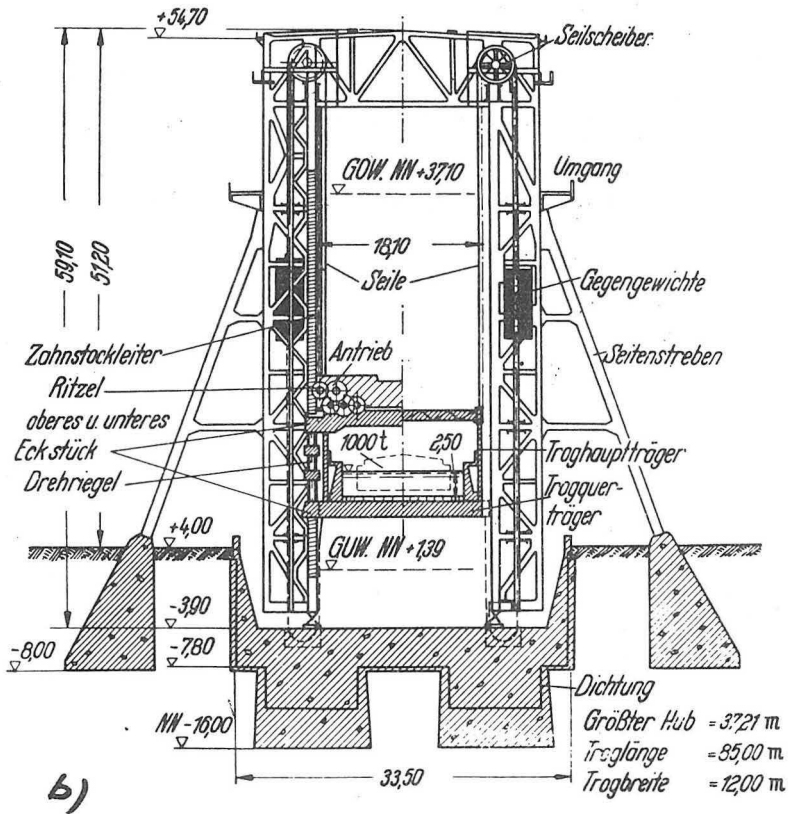


Bild 1: Gegengewichtshebewerk Niederfinow /2/
 a) Längsschnitt
 b) Querschnitt

Wassers bis unter die Höhe des Untertores begannen die Instandsetzungsarbeiten. Dieser Ausfall umfaßte die Zeit vom 5. April bis zum 31. Mai 1947.

Im Juni 1951 löste sich eine Schraubenmutter von der Aufhängestange eines Drehriegelführungswagens, und ein Lager fraß sich fest. Die sehr mühselige Reparatur nahm eine Woche in Anspruch.

Im Sommer 1963 entstand durch den Bruch eines Kugellagers in einer Antriebs-
spindel eine Stillstandszeit von sechs Tagen. In dieser Zeit wurde die Spindel ausgebaut und das Lager erneuert.

Eine weitere Havarie war im November 1963. Der Antriebsmotor des Umformersatzes wurde defekt. Vorübergehend mußte der Betrieb mit einem Ersatzmotor aufrechterhalten werden. Nach zwei Wochen erfolgte der Einbau des reparierten Motors. Der Originalzustand war wieder hergestellt.

Die letzte Havarie, die einen mehrtätigen Ausfall zur Folge hatte, entstand im September 1979. Am unteren Haltungstor riß ein Stehbolzen eines Lagers, wodurch eine Welle und die starre Kupplung verbogen wurden. Bei der Reparatur leisteten eine Schiffsreparaturwerft und ein Reichsbahnausbesserungswerk schnelle Hilfe, so daß bereits nach drei Tagen der Betrieb wieder aufgenommen werden konnte.

Die Trogseile haben die lange Betriebszeit von 50 Jahren ohne Ausfall gehalten. Im Rahmen der bereits erwähnten Generalreparatur erfolgte ein Seilwechsel.

Diese wenigen Havarien in den 50 Jahren waren mit keinem nennenswerten Ausfall verbunden. Insgesamt waren es 36 Ausfalltage wegen technischer Havarien. Damit beträgt die Ausfallzeit des Schiffshebewerkes für die zurückliegende Zeit 0,21 %. Dieses äußerst gute Ergebnis ist sowohl auf die solide Konstruktion und Ausführung als auch auf die ausgezeichneten Leistungen und die hohe Einsatzbereitschaft aller Mitarbeiter des Schiffshebewerkes zurückzuführen.

Nachstehend noch einige Darlegungen zu technischen Veränderungen, die im Laufe der Jahre vorgenommen wurden.

Um den gesamten Stahlbau für lange Zeit zu erhalten, werden seit längerem jährlich Anstrich- bzw. Konservierungsarbeiten ausgeführt. Sie sind mit einer Firma vertraglich gebunden, und in der offenen Jahreszeit - etwa April bis Oktober - werden ständig mehrere Maler eingesetzt. Bei diesem Rhythmus erhalten alle Teile des Hebewerkes in sechs bis sieben Jahren einmal einen Korrosionsschutzanstrich. Durch Verwendung von Eisenglimmer-Aluminium-Deckfarben konnte auch die ursprüngliche Farbgebung erhalten werden. Einige Stellen mit ungünstigem konstruktiven Korrosionsschutz mußten bei der Generalreparatur gesondert behandelt werden. Eine wichtige Investition war 1968 der Einbau des kathodischen Korrosionsschutzes in den Trog und in die untere Haltung. Dieser hat sich so gut bewährt, daß im Laufe der Jahre auch für die Kanalbrücke und die Stahlspundwände ein gleicher Korrosionsschutz eingeführt wurde.

Für eine sichere Stromversorgung ist 1967 eine neue Transformatorenstation gebaut worden, woran sich 1972 der komplette Umbau der Hoch- und Niederspannungsanlagen im Dieselkraftwerkshaus anschloß. In den Jahren 1965/1966 wurden im gesamten Bereich des Schiffshebewerkes neue moderne Beleuchtungen installiert, da die früheren Anlagen, insbesondere in den Vorhäfen, nicht mehr den Erfordernissen entsprachen.

Nachdem 1970 auch die letzten Maschinenkomplexe mit einer Zentralschmierungsanlage ausgerüstet waren, wurde die Arbeit der Maschinisten wesentlich leichter. Die vielen hundert Schmierstellen mußten nicht mehr einzeln von Hand mittels Staufferbuchsen geschmiert werden.

Im Jahr 1980 wurde in der oberen Haltung der mechanische Antrieb für den Dichtungsrahmen ausgebaut und durch einen hydraulischen ersetzt.

Um den Schiffahrtsbetrieb am Hebewerk mit der sich durchsetzenden Schubschiffahrt noch effektiver zu gestalten, wurde an einer Seite des Unterhafens eine Spundwand gerammt. So wurde es möglich, die Schubprähme mittels der umlaufenden Treidelanlage aus dem Trog zu ziehen. Nach 64 Jahren Treidelbetrieb mit Elektrolokomotiven an der Schleusentreppe und dem Hebewerk wurde dieser im April 1978 eingestellt. Die letzte vorhandene Lokomotive steht jetzt als technisches Denkmal in der oberen Haltung.

Durch die vielfältigen Maßnahmen und baulichen Veränderungen bzw. Ergänzungen an der ursprünglichen Anlage wurden außer den bereits genannten Erleichterungen, z. B. durch die Zentralschmierungsanlage, auch die Arbeits- und Lebensbedingungen weiter verbessert. Hierzu zählen u.a. der Witterungsschutz sowie die Erhöhung der Sicherheit durch zusätzliche Überdachungen, insbesondere aber der Bau eines gut eingerichteten Sozialgebäudes.

Die Belegschaft besteht aus insgesamt 41 Mitarbeitern. Eine Schicht ist in der Regel mit einem Schichtleiter, dem Trogfahrer, dem Maschinisten und zwei Treidlern besetzt. Das übrige Personal sind die Besetzung der Werkstatt, die Unterhaltungsarbeiter und das Büropersonal. Fast ein Drittel der Mitarbeiter sind mehr als 20, einige davon bereits mehr als 30 Jahre direkt beim Hebewerk beschäftigt. Das Durchschnittsalter beträgt 44 Jahre. Es gibt also einen Stamm von erfahrenen, langjährigen Mitarbeitern und ausreichend jüngere Kader, die von den älteren Kollegen die Erfahrungen übernehmen. Außer dem Schiffshebewerk werden von dessen Werkstatt noch einige benachbarte hydrotechnische Anlagen (Schleusen und Wehre) bedient. Vorrangige Aufgabe der mit Schlossern und Elektrikern besetzten Werkstatt jedoch sind die Pflege und Wartung sowie die vorbeugende Instandsetzung des Hebewerkes. Hierzu gehören auch sämtliche Teile der sehr umfangreichen Störreserve, die Anlagenteile des Maschinenbaues und der Elektrotechnik umfaßt. Verbrauchte Teile der Störreserve werden laufend ersetzt.

Um den Schiffahrtsbetrieb so wenig wie möglich zu behindern, werden viele Arbeiten, die eine Stillstandszeit bis zu zehn Stunden erfordern, in jeweils speziell vorbereiteten Nachtschichten durchgeführt. Das trifft z. B. für das Auswechseln von Gummidichtungen zu.

4. Entwicklungstendenz bei Senkrecht- und speziell Gegengewichtshebwerken

4.1. Allgemeines

Die Mehrzahl der bis heute gebauten Schiffshebewerke sind solche mit senkrechter Förderung. Das älteste deutsche und gleichzeitig überhaupt erste Senkrecht-hebewerk ist das von Halsbrücke bei Freiberg in Sachsen /9/. Es wurde 1789 in Betrieb genommen und 1868 außer Betrieb gesetzt. Die Hubhöhe von 8 m wurde in

Trockenförderung vermittelt eines durch Menschenkraft betriebenen Flaschenzuges überwunden. Sieht man von einer 1798 in England in Betrieb gegangenen sogenannten "Tauchschleuse" ab, so war das erste Senkrechthebewerk mit Naßförderung das ab 1809 ebenfalls in England betriebene von Tardebigge am Worcester-Birmingham-Canal. Es arbeitete bei einer Hubhöhe von nur 3,60 m und einer Tragfähigkeit für Schiffe von 40 t mit Gegengewichten /4/. Seitdem wurden - mit Ausnahme einiger kleinerer Anlagen in der VR China - sämtliche Senkrechthebewerke für Naßförderung errichtet; nach der Anlage von 1809 in England bis zu der in Niederfinow jedoch ausschließlich als Druckwasser- oder Schwimmerhebewerke. Nach /5/ sind "die Rentabilität und die Grenzen der Hebewerke mit Schwimmern durch die hohen Kosten der Schwimmerschächte (siehe Bild 10) bestimmt - insbesondere, wenn der Untergrund von schlechter Qualität ist. Deshalb ist man bei den großen Höhenunterschieden in Niederfinow und Lüneburg auf die Gegengewichtshebewerke zurückgekommen, nachdem man die Gesamtheit der Bedingungen der Bauausführung und des Betriebes betrachtet hat."

Das Gegengewichtshebewerk Niederfinow stellt einen Markstein in der Entwicklung des Hebewerkbaus dar. Es wurde häufig mit Superlativen bedacht. So nannte es z. B. HENTZE in seinem Lehrbuch /10/ "die größte Ingenieurschöpfung der Erde in dieser Art" und noch 1954 konnte es DEHNERT in seiner Monographie /2/ als "das größte Schiffshebewerk der Welt" bezeichnen. Tatsächlich wurde mit ihm der moderne Hebewerkbau eingeleitet. Einmal läßt sich dies durch die erstmalig erreichten großen Hauptabmessungen (Troglänge 85 m, Trogbreite 12 m, Tragfähigkeit der Schiffe 1000 t) charakterisieren, wobei mit der Hubhöhe von 36 m die bis dahin erreichten Hubhöhen sprunghaft annähernd verdoppelt wurden. Zum anderen ist diese Leistungsfähigkeit ein Ausdruck des seinerzeit erreichten hohen Entwicklungsstandes der Technik, insbesondere der Metallurgie, des Stahlbaues, des Maschinenbaues und der Elektrotechnik. Diese moderne und auch heute noch voll funktionsfähig ihren Aufgaben gerecht werdende Anlage - was auch für die nächsten Jahrzehnte erwartet wird - konnte nur durch eine sorgfältige Vorbereitung geschaffen werden. Die Planung und die Entwurfsbearbeitung des Schiffshebewerkes Niederfinow, die rund ein Vierteljahrhundert in Anspruch genommen hat und in deren Rahmen u. a. mehrere hochrangige Wettbewerbe stattfanden, ist von DEHNERT als "die Geschichte des modernen Hebewerkbaues schlechthin" charakterisiert worden.

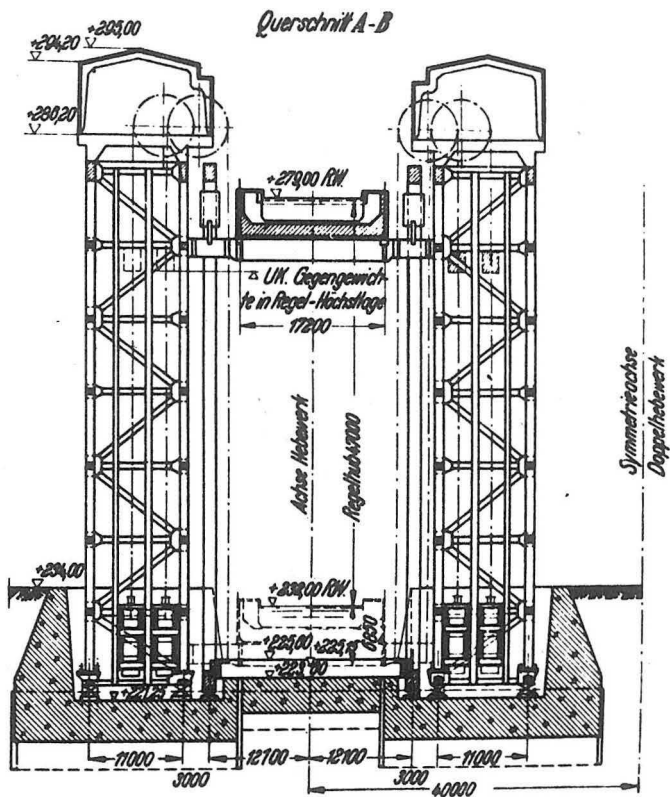


Bild 2: Entwurf eines Gegengewichtshebewerkes für den geplanten Oder-Donau-Kanal /2/

PRÜSSMANN versuchte bereits zu Beginn des Jahrhunderts, quantifizierte Kriterien für die Wahl von Schleuse oder Hebewerk anzugeben /11/. Die neuere Entwicklung hat natürlich andere Bedingungen geschaffen, und diese Tendenz hält an. So wurde in der UdSSR die Schleuse Ust-Kamenogorsk am Irtisch bereits mit einer Hubhöhe von 42 m gebaut, und es gibt auf der Welt mehrere Schleusen mit Höhen zwischen 30 und 40 m. Allgemein wird heute die Ansicht vertreten, die von KUHN*) so formuliert wurde, daß "die örtlichen Gegebenheiten für die Wahl zwischen Hebewerk und Schleuse entscheidend (sind), wenn nicht ... ein maßgebender Gesichtspunkt allein schon bindend für eine der beiden Lösungen spricht" /12/ - z. B. wasserwirtschaftliche Bedingungen.

Eine ähnliche Auffassung wird bezüglich der unterschiedlichen Hebewerkarten vertreten. Dazu schreibt z. B. ebenfalls KUHN /12/: "Von jeder der aufgeführten Förderungsarten existieren jeweils nur wenige Ausführungen, die fast durchweg untereinander wiederum verschieden sind; jedes Hebewerk ist bis zu einem gewissen Grad ein Individuum. Im Vergleich zu den Schleusen ist es daher ungleich schwieriger, zu einer Philosophie der Hebewerke, einer Systematik der Entwicklung von Hebewerktypen zu gelangen ... Eine gewisse Systematik aus der Sicht des Verkehrswasserbaues gründet sich neben den ... Hauptförderungsarten (Senkrechtförderung, Schrägförderung, Naß- und Trockenförderung) auf die betriebsorientierten Konstruktionselemente, die in mehr oder minder ausgeprägter Form allen Typen gemeinsam sind," wozu er die Führung des Troges, den Gewichtsausgleich usw. zählt. Der vorliegende Beitrag kann nicht das Ziel der Herausarbeitung einer solchen Systematik haben. Die schnelle Entwicklung auf dem Gebiet des Hebewerkbaues liefert jedoch selbst weiterführendes Anschauungsmaterial. Unter Bezugnahme auf eine Arbeit von ILLIGER aus dem Jahre 1971 /13/ verweist KUHN u. a. darauf, daß die Grenze der Förderhöhe beim Senkrechtbewerk noch unter 50 m läge. Inzwischen ist seit 1982 in Belgien das Gegengewichtshebewerk Strépy-Thieu mit einer Höhe von 73 m im Bau /14/. Das Programm des 26. Internationalen Schiffahrtskongresses 1985 in Brüssel, an welchem der Autor als Vertreter des VEB FAS teilnahm, beinhaltete auch eine Besichtigung der Baustelle einschließlich einer Ausstellung über Entwurfsarbeiten u. ä. Dies sowie die Auswertung der Betriebserfahrungen am

*) Prof. Dr. KUHN ist derzeit Leiter der in Abschnitt 2. genannten PIANC-Kommission für das Studium von Schleusen und Hebewerken.

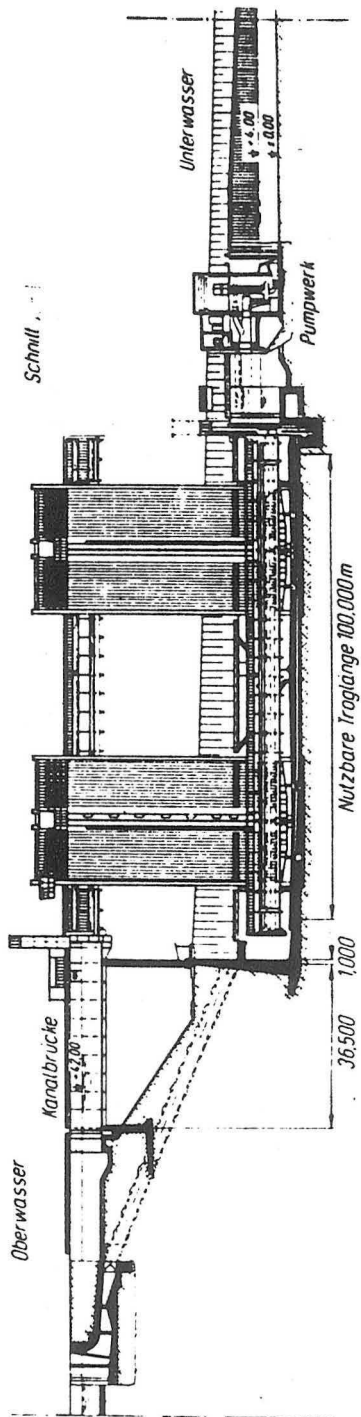
Schiffshebewerk Niederfinow veranlaßten den Autor zu einer vergleichenden Betrachtung der Entwicklung im Bau von Gegengewichtshebewerken seit der Errichtung des Werkes in Niederfinow, zumal über die Anlage Strépy-Thieu bisher nur wenig in der internationalen Fachliteratur publiziert wurde (siehe /4/, /14/).

In der Monographie von DEHNERT /2/ ist das Kapitel Gegengewichtshebewerke praktisch am Beispiel von Niederfinow abgehandelt. Er geht dabei auch auf das "nicht leicht zu lösende Problem ... der ästhetisch befriedigenden Gestaltung von Schiffshebewerken" ein und schreibt dazu:

"Die Vielheit seiner Einzelteile führt dazu ..., daß das Bauwerk nicht als einheitlich Ganzes wirkt. Es sind daher viele Versuche vorgenommen worden, Gegengewichtshebewerke in Massivbauweise auszuführen. Bei früheren Entwürfen dieser Art hängt der Trog an Drahtseilen, die sich beiderseits auf seine ganze Länge verteilen, also wie in Niederfinow Seilscheiben, Gegengewichte und tragende Wände längs des gesamten Bauwerkes erfordern. Ein Gegengewichtshebewerk kann aber in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht günstiger gestaltet werden, wenn man die Anzahl der Gegengewichte nebst Zubehör an bestimmten Punkten des Schiffstroges in einzelnen Türmen zusammenfaßt und die sich beim Gewichtsausgleich ergebenden Kräfte auf dem kürzesten Weg dem Erdreich zuleitet. Ein derartiges Gegengewichtshebewerk ist bereits bei der Entwurfsbearbeitung von Schiffshebewerken für den Oder-Donau-Kanal entwickelt worden (Bild 2). In diesem Entwurf sind insgesamt 84 Seilscheiben bei einer höchsten Zapfenbelastung von 76 t ... vorgesehen, während das Hebewerk Niederfinow 256 Seilscheibenlager⁺ bei einer Zapfenbelastung von 47,5 t je Lager aufweist. Die Abmessungen der 4 Türme sind natürlich von der Unterbringung der Seilscheiben und der Gegengewichte abhängig.

Der technische und der wirtschaftliche Vorteil dieser Bauweise gegenüber der in Niederfinow gewählten ist unverkennbar. Je konzentrierter man die Kräfte auf die 4 Türme überleiten kann, um so geringer ist der Materialaufwand. Erstrebenswert wäre es, das Troggewicht durch nur 4 Gegengewichte etwa in den Viertelpunktendes Troges auszugleichen, denn dann könnten die erforderlichen 4 Gerüsttürme mit den geringsten Breitenabmessungen ausgeführt werden."

⁺) entspricht 128 doppelrilligen Seilscheiben



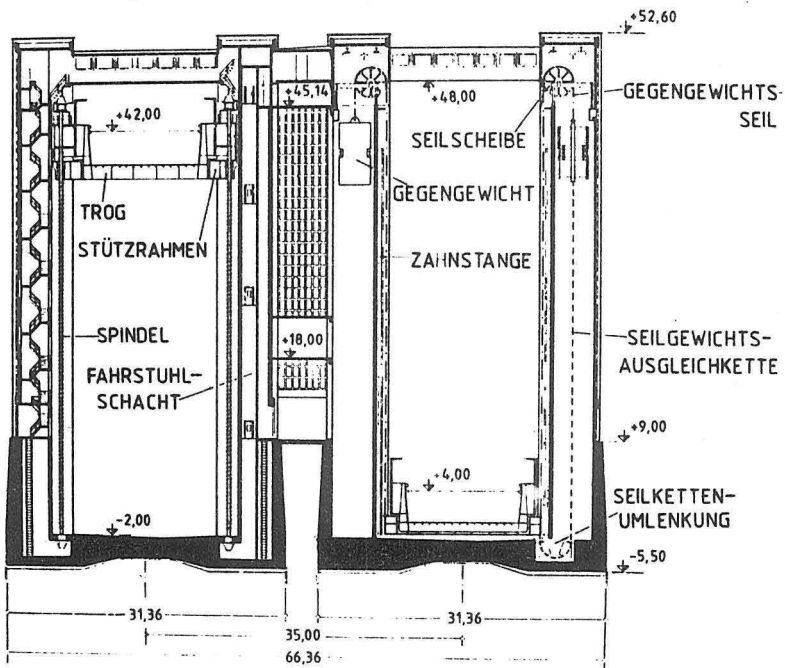


Bild 3: Gegengewichtshebezeug Lüneburg //
 a) Längsschnitt
 b) Querschnitt

4.2. Hebewerk Lüneburg/BRD

Das dargelegte Prinzip wurde bei dem nächsten nach Niederfinow gebauten Gegengewichtshebewerk mit senkrechter Naßförderung, dem 1975 in Betrieb genommenen und für 1350-t-Schiffe ausgelegten Schiffshebewerk Lüneburg in der BDR, realisiert (Bild 3). Es liegt in der Trasse des Elbe-Seitenkanals und überwindet eine Höhe von 38 m. Wasserwirtschaftliche Gründe sprachen für ein Hebewerk. Nach Vergleichsentwürfen sowohl für Schleusen mit Sparbecken als auch für verschiedene Arten von Hebewerken fiel unter Berücksichtigung der Baukosten und der Leistungsfähigkeit die Entscheidung zu Gunsten eines Gegengewichtshebewerkes mit 2 Trögen. In Niederfinow sind die Gerüste für die Führung des Troges, den Antrieb, die Gleichlaufsicherung und die Trogsicherung in das räumliche Stahlfachwerk-Tragsystem einbezogen (Bild 6). Die 4 Einzeltürme des Doppelhebewerkes Lüneburg wurden in Massivbauweise errichtet, in massiven Gründungsplatten eingespannt und in den Turmköpfen durch massive Stege als Zug- und Druckriegel miteinander verbunden. Die Gegengewichte hängen an 240 Stahlseilen⁺⁾ , welche über doppelrillige Seilscheiben laufen, die in den Turmköpfen der 4 im Bereich der Viertelpunkte der Troglänge angeordneten, je rd. 28 m breiten Führungs- und Gegengewichttürmen untergebracht sind. Die gesamte Last aus Gegengewichten und wassergefülltem Trog wird bei jedem der beiden Hebewerke in 8 Gegengewichtskammern über eine stählerne Trägerkonstruktion auf die Stahlbeton-Innenwand der Türme abgegeben. Als äußerer Abschluß, parallel zur tragenden Längswand, ist bei jedem Turm eine nichttragende offene Betonwatenfensterwand angeordnet, "die der Gesamtlänge ein gelungenes architektonisches Gepräge" geben soll /4/.

Der Dichtrahmen am Unterhaupt des Schiffshebewerkes Lüneburg muß den Schwan-
kungen des mit der Elbe verbundenen Unterwassers (Lamelle 4 m) folgen. Die
dafür gewählte Konstruktion hat ihr Vorbild im Hebewerk Magdeburg-Rothensee
am Abstieg des Mittellandkanals zur Elbe (Bild 10).

+) Ihre Lebensdauer wird auf mindestens 45 Jahre veranschlagt.

4.3. Hebewerk Strépy-Thieu/Belgien

Die einzige Wasserstraße der Welt, an der mehrere Hebewerke hintereinander betrieben wurden, war bisher der Canal du Centre in Belgien. Er verbindet Maas und Schelde miteinander. Seine Linienführung machte die Überwindung einer Höhendifferenz von insgesamt etwa 90 m erforderlich, die durch vier Druckwasser-Hebewerke und drei Schleusen bewältigt wurde. Ursprünglich nur für Schiffe bis zu 300 t Tragfähigkeit vorgesehen, wurde Anfang der 70er Jahre mit dem Ausbau für 1350-t-Schiffe begonnen. In diesem Zuge wurde ein Teilabschnitt durch eine neue parallele Kanalstrecke ersetzt, in deren Verlauf eine Wasserspiegeldifferenz von rd. 73 m durch ein oder mehrere Abstiegsbauwerke überwunden werden mußte.

In eingehenden Voruntersuchungen wurden die Bau- und die Betriebskosten sowie die Leistungsfähigkeit nachfolgend genannter Alternativlösungen ermittelt und einander gegenübergestellt:

- Schleusentreppe;
- Zwei Senkrechtbewerke mit je 36,50 m Hubhöhe;
- Ein Senkrechtbewerk mit 73 m Hubhöhe;
- Schrägaufzüge (geneigte Ebenen) verschiedener Neigungen;
- Wasserkeilbewerk.

Wegen der Wasserersparnis, der größeren Leistungsfähigkeit und des besseren Lastabtrages in den Untergrund fiel die Entscheidung für ein einzelnes, als Doppelbewerk ausgelegtes Gegengewichts-Hebewerk mit einer Hubhöhe von 73 m.

In /14/ heißt es diesbezüglich: "Die Vergleichsuntersuchungen ... führten dazu, denselben Bauwerktyp zu übernehmen, wie er in Lüneburg errichtet wurde". Ähnlich wie seinerzeit mit der Anlage in Niederfinow wurde damit wiederum angenähert eine Verdopplung der bisher größten Hubhöhe erzielt. Durch das neue Hebewerk werden am alten Kanalabschnitt gelegene zwei

Schleusen kleinerer Hubhöhe sowie vier Druckwasserhebewerke ersetzt. Das sind die zwischen 1888 und 1919 erbauten und konstruktiv alle gleich ausgebildeten Werke bei La Louvière (mit 15,4 m Hub) sowie Houdeng-Aimeries, Strépy-Bracquenies und Thieu (mit je 16,9 m Hub). Diese Hebewerke haben sich bis heute gut bewährt, und der Kanalabschnitt dürfte weiterhin eine Touristenattraktion ("Route des ascenseurs") und zugleich technisches Denkmal sein.

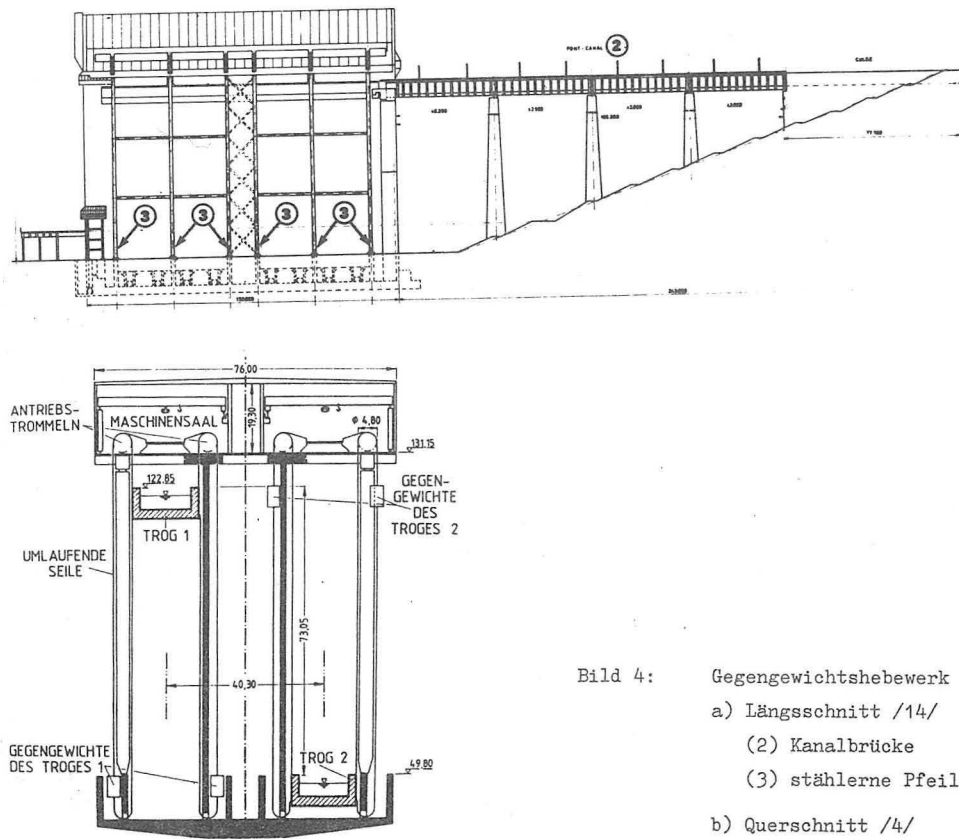


Bild 4: Gegengewichtshebewerk Strépy-Thieu

a) Längsschnitt /14/

(2) Kanalbrücke

(3) stählerne Pfeiler

b) Querschnitt /4/

Zur Abrundung der Darstellung werden in Bild 8 eine Fotografie und in Bild 9 Schnitte der alten Druckwasserhebwerke wiedergegeben.

Das neue Schiffshebewerk Strépy-Thieu (Bild 4) weist die für ein Gegengewichtshebewerk typische Flachgründung auf. Die wasserdicht ausgebildeten Trogwannen nehmen die Tröge in der unteren Betriebsstellung auf. Im Kopfteil sind der Maschinensaal und die Seiltrommeln bzw. Umlenkrollen für die Gegengewichtseile sowie die Steuerzentrale und eine Aussichtsgalerie für Besucher untergebracht. Der Lastabtrag aus der Trog- und Gegengewichtlast auf den Gründungkörper erfolgt im Mittelteil des Hebewerkes über tragende Betonwände (ähnlich wie in Lüneburg) und an den Außenseiten über Pfeiler (Position 3 in Bild 4). Die beiden Tröge sind durch je 144 Seile mit den Gegengewichten verbunden. Diese wurden zwar jeweils in 8 Gruppen zusammengefaßt, jedoch nicht wie bei den Türmen am Schiffshebewerk Lüneburg konzentriert, sondern über die gesamte Troglänge verteilt (ähnlich wie in Niederfinow, wo jedoch wiederum keine gruppenweise Zusammenfassung erfolgte).

In 4.1. ist unter Bezugnahme auf die Monographie von DEHNERT /2/ bereits auf die Problematik der ästhetisch befriedigenden Gestaltung von Schiffshebewerken hingewiesen worden, wozu dieser u. a. feststellt: "Ferner ist die Einbindung eines Hebewerkes in die umgebende Landschaft bei der Wahl der Hebewerkart von entscheidender Bedeutung. Es ist nicht leicht, für ein Hebewerk in seiner rein technischen und zum Teil nüchternen Sachlichkeit eine befriedigende Architektur zu erzielen. Die Vielheit der Einzelteile, wie Führungsgerüste, Rahmen für die Hubtore usw., führen leicht dazu, daß das Bauwerk nicht als einheitliches Ganzes wirkt ... Infolgedessen muß danach gestrebt werden, dem festen Teil des Hebewerkes Formen zu geben, welche die Geschlossenheit der Anlage einigermaßen herbeiführen". Nach DEHNERT bieten diesbezüglich Gegengewichtshebewerke in Massivbauweise günstigere Lösungen.

Das erste so ausgeführte Bauwerk ist das Schiffshebewerk Lüneburg, bei dem die Gegengewichte in Türmen, welche in Massivbauweise errichtet wurden, zusammengefaßt sind. Der in Bild 2 gezeigte Entwurf eines Hebewerkes mit in den Viertelpunkten zusammengefaßten Gegengewichten hat noch Stahlfachwerktürme. Ein Vergleich der Bilder 2 und 3 vermittelt einen gewissen Eindruck, obwohl für architektonische Betrachtungen die Bildwiedergaben unzureichend

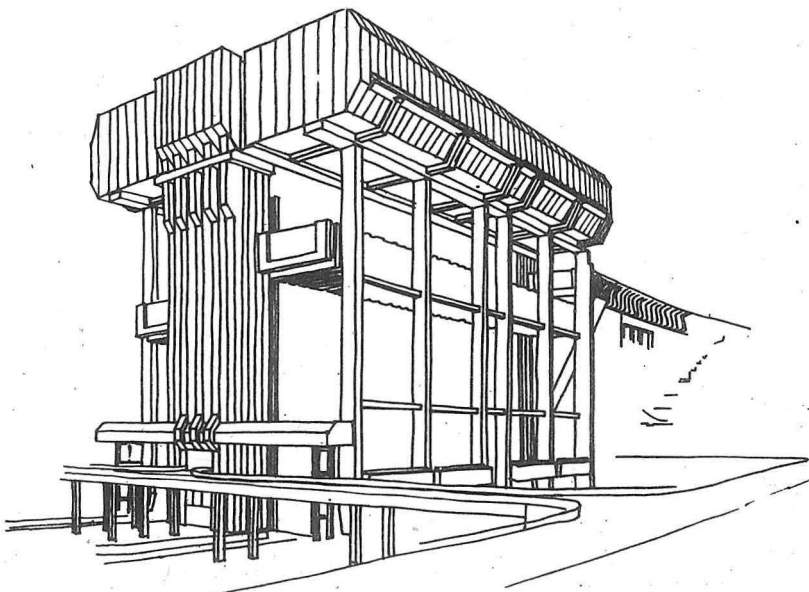


Bild 5: Schiffshebewerk Strépy-Thieu
perspektivische Ansicht /14/

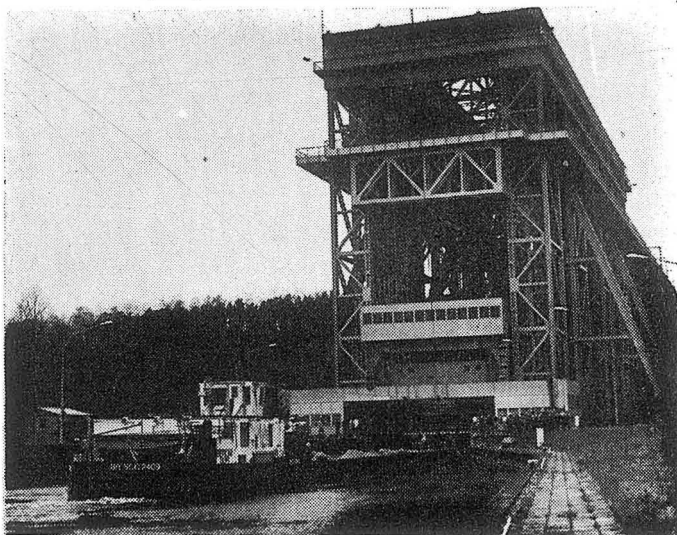


Bild 6: Schiffshebewerk Niederfinow
Ansicht vom Unterwasser bei Einfahrt eines
Schubverbandes (Foto Ch. Knoll)

sind. Bei der fast doppelten Bauwerkhöhe gegenüber Lüneburg, galt es für Strépy-Thieu insbesondere, die bereits von DEHNERT als problematisch genannte Geschlossenheit der Anlage zu gestalten. Es wurde von Türmen abgesehen, was in Wechselwirkung zur technischen Auslegung, d. h. Verteilung der Seile über die gesamte Troglänge, steht. Damit wirkt das Hebewerk als einheitlicher Baukörper (Bild 5). Die äußeren Pfeiler wirken in der Seitenansicht architektonisch als Lisenen. In /14/ wird mit folgenden Worten auf die ästhetischen Aspekte der Anlage hingewiesen: "Es wurden architektonische Studien durchgeführt, um der Anlage einen ästhetisch spezifischen und ansprechenden Charakter zu verleihen. Insbesondere drei Elemente beeinflussten diese Untersuchungen: die großen Abmessungen, die einmalige technische Leistung, die unterschiedlichen Funktionen des Bauwerks bzw. einzelner seiner Teile. Der Gesamteindruck des Bauwerkes wurde so gestaltet, daß die verschiedenen funktionellen Teile (Maschinenraum, Kontrollgänge und öffentliche Zugänge) vom tragenden Teil getrennt wurden. Es wurden Sichtelemente angebracht, um den massiven und den monolithischen Charakter der Anlage zu mindern. Das gilt auch für den Maschinenraum; die gebrochenen Kanten verleihen diesem Volumen eine andere Dynamik als eine einfache rechteckige Form."

Bild 5 wurde /14/ entnommen; demgegenüber weist die in /4/ wiedergegebene perspektivische Ansicht, die aus einem nur wenige Jahre vorher herausgegebenen Informationsmaterial des belgischen Ministeriums stammt, noch kubische Formen auf.

Zum Vergleich sind die Bilder 6 und 7 als Fotografien der Stahlfachwerkskonstruktion des Schiffshebewerkes Niederfinow wiedergegeben. Gegenüber dem Hebewerk Lüneburg mit Anordnung von getrennt stehenden Türmen hat sich die ebenfalls in Massivbauweise errichtete Anlage von Strépy-Thieu wieder dem äußeren Gesamteindruck von Niederfinow angenähert.

Die Inbetriebnahme des Schiffshebewerkes Strépy-Thieu, des mit 73 m Hubhöhe weitaus größten Senkrecht-Hebewerks (mit Gegengewichtsausgleich), ist für 1988 vorgesehen.

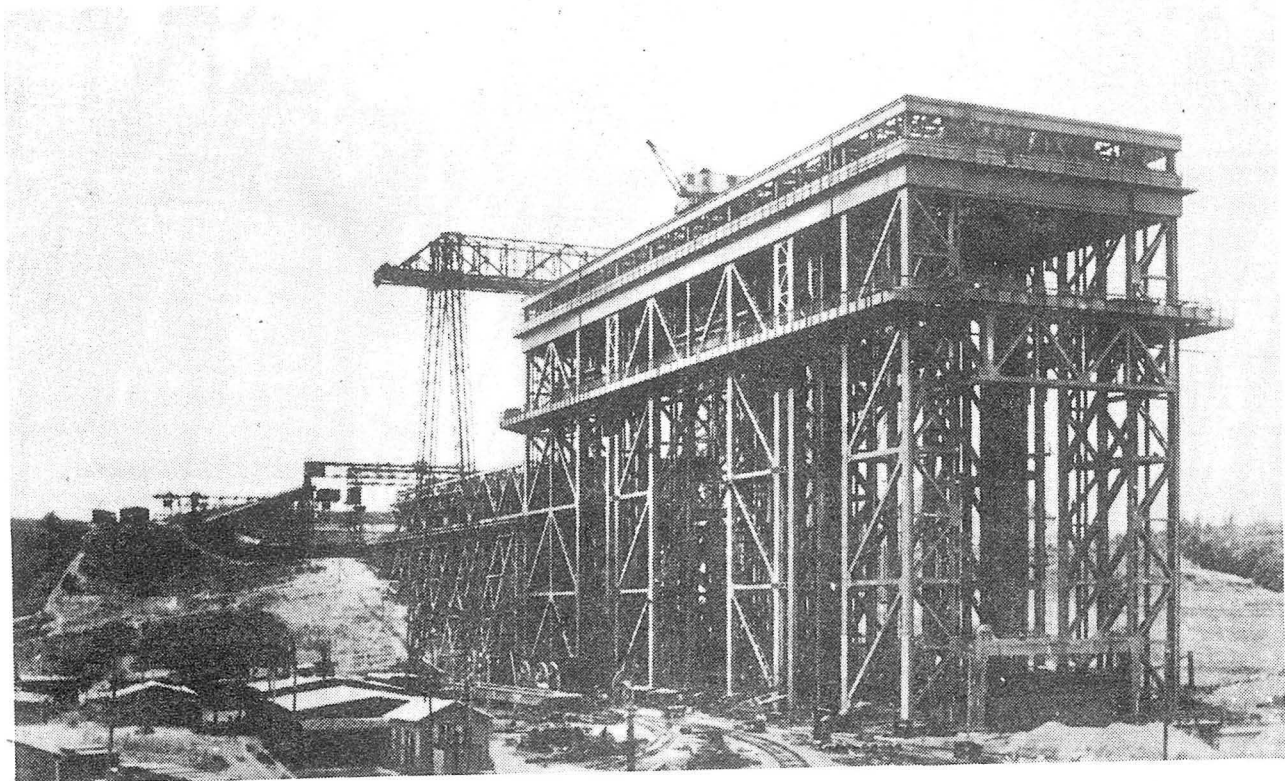
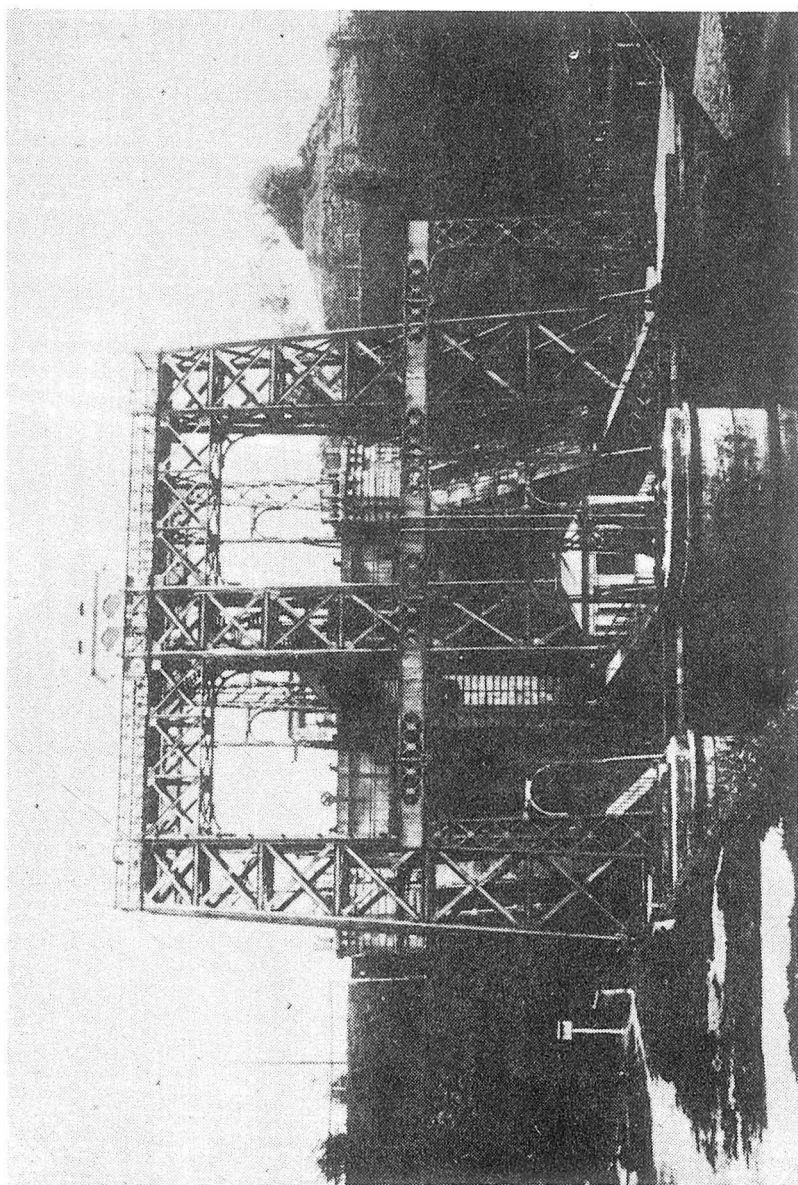
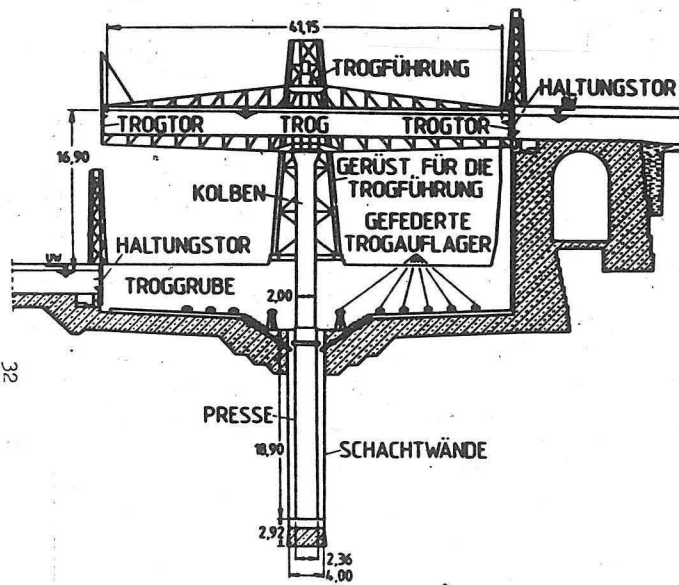


Bild 7: Schiffshebewerk Niederfinow; Bauzustand im August 1932

Bild 8: Druckwasserhebewerk Strépy-Bracquagnies
(Inbetriebnahme 1919);
Ansicht vom Unterwasser /14/

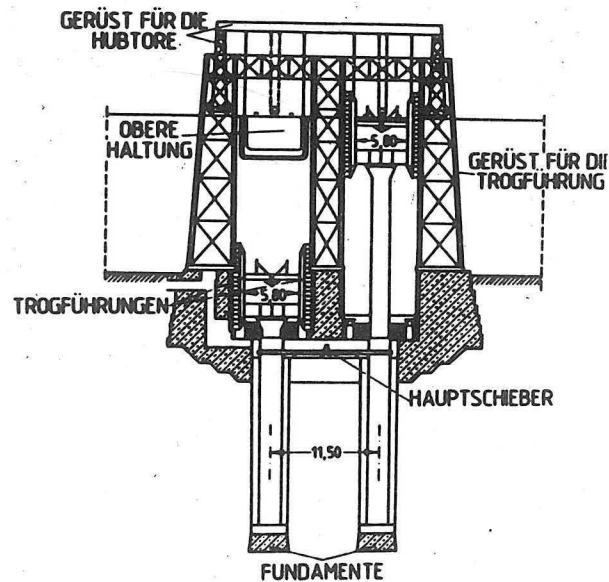


LÄNGSSCHNITT



32

QUERSCHNITT



5. Schwimmer-Hebewerk Magdeburg-Rothensee

Das im Oktober 1938 in Betrieb genommene Schiffshebewerk Magdeburg-Rothensee verbindet den Mittellandkanal mit der Elbe. Der zu überwindende Höhenunterschied beträgt bei Mittelwasser etwa 16 m und schwankt je nach Wasserstand der Elbe zwischen 11 und 18 m. Wenn auch nicht in solcher Breite wie für die Anlage in Niederfinow, so liegt doch auch für das Hebewerk Rothensee eine Anzahl von Publikationen über die Konstruktion und den Bau desselben vor /15/. Die Trogabmessungen entsprechen denen in Niederfinow. Aus Bild 10 sind die Hauptbestandteile und -abmessungen ersichtlich. Nachfolgend werden in gedrängter Form nur einige Betriebserfahrungen dargelegt.

Im Oktober 1978 war das Hebewerk 40 Jahre nahezu störungsfrei im Betrieb, und 1979 wurde die 500.000ste Trogfahrt durchgeführt. Zahlreiche in den letzten Jahren durchgeführte Rekonstruktionsmaßnahmen, eine moderne Beleuchtung des Trogas und der Vorhäfen sowie optische und akustische Signalanlagen gewährleisten eine sichere Betriebsführung. Das Betriebspersonal - wie in Niederfinow 5 Fachkräfte je Schicht - hat durch intensive Pflege- und Instandsetzungsmaßnahmen sowie durch Neuerungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit beigetragen.

Aus einer Analyse über die Zuverlässigkeit des Hebewerkes im Zeitraum 1951 - 1978 geht hervor, daß die Ausfallzeit 2,67 % beträgt. Dieser Wert gliedert sich auf in die nachfolgend genannten Ausfallursachen:

- 1,55 % witterungsbedingt (Eissperre im Kanal);
- 0,60 % Versetzen des Schildschützes;
- 0,52 % technische Störungen.

Auf die Anzahl der beförderten Fahrzeuge bezogen wurden bisher folgende Spitzenwerte erreicht:

- 79 Schiffe an einem Tag;
- 474 Schiffe in einer Woche;
- 1.999 Schiffe in einem Monat;
- 19.376 Schiffe in einem Jahr.

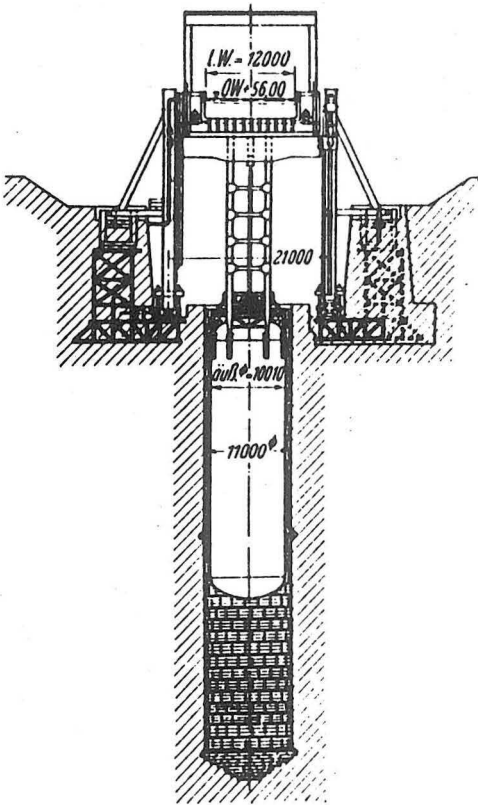


Bild 10: Schwimmer-Hebewerk Magdeburg-Rothensee /2/

Diese Leistungen zeugen mit von der gewissenhaften Instandhaltung der Gesamtanlage. Bisher konnte der Betrieb ohne Generalreparatur durchgeführt werden. Damit hat sich das Schwimmer-Hebewerk Magdeburg-Rothensee als betriebssichere und leistungsfähige Anlage bewährt.

Für die weitere Entwicklung des Baus von Schiffshebewerken lassen sich aus den Betriebserfahrungen neue Lösungen bedingende Fragen ableiten, wie:

- Schutz der Spindeln vor Verunreinigung;
- Versetzen des Schildschützes;
- Eisüberlast der Trogtore.

Bild 11 zeigt eine Graphik über die Strukturentwicklung der Binnenschifffahrt am Schiffshebewerk Magdeburg-Rothensee. Diese Tendenz ist zwar allgemeiner Art; der Hinweis darauf soll jedoch veranschaulichen, mit welchen Veränderungen im Laufe des Betriebs eines Bauwerkes mit einer derart langen Lebensdauer wie bei einem Schiffshebewerk oder auch einer Schleuse zu rechnen ist, die Auswirkungen auf die gesamte Betriebstechnologie haben.

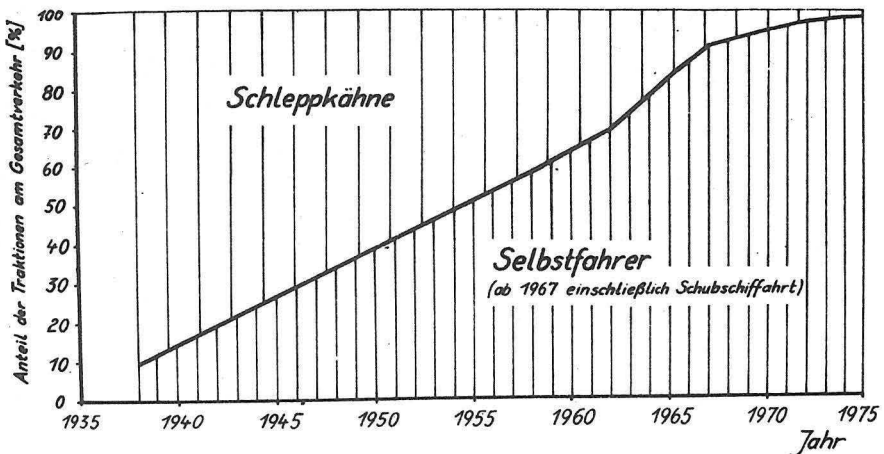


Bild 11: Strukturentwicklung der Binnenschifffahrt am Schiffshebewerk Magdeburg-Rothensee /15/

6. Forschungs- und Versuchsarbeiten

KUHN stellt fest, "daß das Hebewerk in Wirklichkeit eine große Maschine ist, deren Hauptteile der raschen Entwicklung der Maschinen- und Elektrotechnik unterworfen sind. Die Entwicklung neuer Hebewerke ist daher zu einem großen Teil dem Verkehrswasserbauer aus den Händen genommen; ihm fällt im wesentlichen die Wahrung der Schifffahrts- und Betriebsinteressen zu" /12/. Im Rahmen seiner Darstellung werden daher "neben den zuletzt genannten Gesichtspunkten nur die Hauptkonstruktionsprinzipien angesprochen unter Verzicht auf die vielen interessanten Einzelheiten".

Tatsächlich sind viele Details der Entwicklung und des Entwurfs von Schiffshebewerken maschinentechnischer Art. Die Lösung vieler Detailfragen ermöglicht letztlich erst die funktionstüchtige Gestaltung einer solchen großen und komplexen Anlage. Für das Schiffshebewerk Niederfinow z. B. wurden außer den langjährigen Variantenuntersuchungen u. ä., die zum großen Teil selbst den Charakter von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hatten, zahlreiche Versuche sowohl als Teile dieser Arbeiten wie auch für Erprobungen von Materialien und Bauelementen, für Bodenuntersuchungen usw. in den Lieferwerken, in speziellen Versuchsanstalten und auf der Baustelle durchgeführt. Darüber wurde seinerzeit in der Fachliteratur ausführlich berichtet. Für die weiteren modernen Schiffshebewerke gilt ähnliches. Im Sinne der oben zitierten Feststellungen von KUHN wird hier nur auf einige einschlägige Forschungs- und Versuchsarbeiten verkehrswasserbaulicher Natur, insbesondere des wasserbaulichen Modellversuchswesens, eingegangen. Auch diese gehören zu den "vielen interessanten Einzelheiten", die erst im Zusammenspiel das reibungslose Funktionieren ermöglichen, wegen ihrer Fachspezifik jedoch oft nur einem engeren Kreis bekannt sind. Die Ergebnisse derartiger Untersuchungen werden nur selten ausführlich publiziert - und dann meist in Schriftenreihen der Institute u. ä. mit einem ebenfalls begrenzten Leserkreis.

So wurde in /16/ und /17/ über Versuche der ehemaligen Berliner Versuchsanstalt über das Einschleppen von Schiffen in Schleusenammern und Tröge von Schiffshebewerken berichtet. Solche Versuche sind damals wohl erstmalig durchgeführt worden. Sie dienten vor allem der Planung des Schiffshebewerkes Rothensee. An Hand einiger Naturversuche an Schleusen wurden dabei auch Betrachtungen über die Übertragbarkeit der Modellversuche auf die Großausführung angestellt.

Außer dem in 4.3. behandelten, z. Z. im Bau befindlichen Gegengewichtshebwerk Strépy-Thieu wurde in Belgien bereits Ende der 60er Jahre ein modernes Schiffshebwerk in Form der längsgeneigten Ebene (Schrägaufzug) bei Ronquieres für einen Höhenunterschied von 68 m und Schiffe bis zu 1350 t Tragfähigkeit errichtet /18/. Bei diesem Hebwerktyp kommt es beim Transportvorgang infolge von Beschleunigungen und Verzögerungen zu Wasserspiegelbewegungen einschließlich Schwingungen der Wassermasse im Trog. Daraus resultieren wechselnde Kraftwirkungen auf Bauteile sowie Bewegungen der transportierten Schiffe, die durch Trossen festgelegt werden müssen. Insgesamt sind dies ziemlich komplizierte hydrodynamische Vorgänge, die für die bis dahin größte derartige Anlage von erheblicher Bedeutung waren und daher sehr eingehend untersucht wurden. Außer theoretischen Untersuchungen erfolgten wasserbauliche Modellversuche, bei denen Wasserspiegelbewegungen sowie Trossenkräfte gemessen und in deren Ergebnis ein geeignetes Befestigungssystem entwickelt wurde /19/. Eine anschauliche Darstellung dieser Probleme findet sich in /4/. Im Sinne der eingangs dieses Abschnitts zitierten Feststellungen von KUHN, repräsentieren diese hydrodynamischen Vorgänge die wasserbauliche Spezifik und sind das Bindeglied zwischen den funktionellen Anforderungen, wirkenden Kräften und bautechnischen Lösungen. Für das Schiffshebwerk Strépy-Thieu wurden im Wasserbaulaboratorium des belgischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten in Chatelet sowohl hydraulische Modellversuche als parallel dazu auch Untersuchungen an einem mathematischen Modell durchgeführt /20/. Untersucht wurden vor allem die Schiffsverkehrsbedingungen in den Trögen der Kanalbrücke und des Hebwerkes selbst, sowohl für normale Betriebsbedingungen als auch für Havariesituationen. Ziel der Untersuchungen war u. a. die Bemessung eines Stoßschutzbalkens für die Tore. In einem Modell im Maßstab 1 : 25 erfolgten Versuche mit verschiedenen Schiffstypen bei unterschiedlichen Tiefgängen, wobei die Schiffsmodelle einmal an einem Draht geführt und geschleppt sowie in einer weiteren Versuchsserie mit Eigenantrieb durch Propeller ausgestattet wurden. Untersucht bzw. gemessen wurden das Verhalten des Propellerstrahls im engen Trogquerschnitt, die Trimmlage und die Geschwindigkeit des Schiffes, die Ruderwirkung, die Ausbildung von Wellenfronten, die Rückstromverteilung u. ä. Unter Einbeziehung des mathematischen Modells, welches auf der Charakteristiken-Methode basierte, wurden Maßstabseinflüsse abgeschätzt.

In der FAS sind in den zurückliegenden Jahren ähnliche Modellversuche durchgeführt worden, wie in den vorstehenden Abschnitten angeführt. Anknüpfend an

die früheren Versuche /16/, /17/ wurden Auswirkungen veränderter Schiffahrtsbedingungen, wie sie u. a. auch Bild 11 veranschaulicht, untersucht. Ferner erfolgten modellmäßige Untersuchungen der Wirkung von Bremsvorrichtungen zur Verminderung der Schiffsgeschwindigkeit vor den Toren von Schleusen bzw. Hebewerken, deren Anlaß aus der Einführung der Schubschiffahrt mit veränderten Betriebsbedingungen resultierte. Des weiteren wurden Versuche zur Eisdrukproblematik auf Kanalbrücken durchgeführt. Über die Ergebnisse verschiedener der vorstehend genannten Untersuchungen wird an anderer Stelle ausführlicher berichtet.

7. Schlußbemerkungen

In der neueren Fachliteratur - z. B. /4/, /12/, /13/ - wird weitgehend übereinstimmend die Ansicht vertreten, daß Schiffshebeanlagen Sonderbauwerke sind, die den lokalen Gegebenheiten weitestgehend angepaßt werden, so daß bei deren Konzipierung in jedem Fall die örtlichen Verhältnisse ausschlaggebend sind /21/. In /13/ z. B. wollte ILLIGER "einige Gesichtspunkte aufzeigen, die bei der Planung von Bauwerken zur Überwindung großer Höhenunterschiede zu beachten sind. Es sollte gezeigt werden, daß die Bauwerkform von einer Vielzahl technischer, wirtschaftlicher und landesplanerischer Probleme beeinflusst wird". Abschließend kommt er zu der Feststellung, daß "für die Überwindung großer Höhenunterschiede keine allgemein gültigen Normen für die Bauwerkformen ... festgelegt werden (können), vielmehr ist von Fall zu Fall zu prüfen, welche Lösung unter den gegebenen Verhältnissen die zweckmäßigste ist".

Unter Berücksichtigung der Formulierung von KUHN, derzeit Leiter der PIANC-Kommission für das Studium von Schiffsschleusen und -hebewerken, daß es schwierig ist, "zu einer Philosophie der Hebewerke, einer Systematik der Entwicklung von Hebewerktypen zu gelangen" /12/, möchte der Autor darauf verzichten, die abschließenden Bemerkungen zum vorliegenden Beitrag definitiv als Schlußfolgerungen zu bezeichnen. Ähnlich wie seinerzeit durch ILLIGER, sollten mit dem Beitrag nur einige Gesichtspunkte dargelegt werden, die für Bau und den Betrieb moderner Schiffshebewerke von Bedeutung sind. Er basiert vorwiegend auf einer vergleichenden Darstellung der neueren Gegengewichtshebewerke in Verbindung mit Betriebserfahrungen vom Schiffshebewerk Niederfinow - der Anlage, mit welcher vor über einem halben Jahrhundert praktisch der moderne Hebewerkbau eingeleitet wurde. Je mehr Schiffshebewerke

gebaut und betrieben wurden, was in den letzten Jahrzehnten der Fall ist, und je länger die auswertbare Betriebszeit wird, um so eher wird es möglich sein, auch zu verallgemeinernden Hinweisen zu kommen. Über einige im Beitrag versuchte Wertungen oder Einschätzungen hinaus, soll die nebeneinanderstehende Darstellung verschiedener neuer Hebewerke für sich sprechen und auf diese Weise vielleicht einen Mosaikstein zu einer Philosophie oder Systematik der Schiffshebewerke oder auch zu dem Anliegen der o. g. PIANC-Kommission liefern, Lehren aus dem Betrieb bestehender Hebewerke abzuleiten und eventuelle Empfehlungen auf Grund vorliegender Erfahrungen zu formulieren.

In diesem Sinne werden nachstehend nur einige Überlegungen herausgestellt bzw. zur Diskussion angeboten, die aus den vorausgegangenen Betrachtungen abzuleiten sind. Dabei steht im Vordergrund die entscheidende und auch zu verallgemeinernde Frage der Betriebssicherheit.

1. Zur Betriebssicherheit

Bei PARTENSKY /4/ heißt es dazu: "Schiffshebewerke, gleich welcher Bauart, stellen ... wegen ihres konstruktiven und maschinentechnischen Aufwandes gegenüber Schiffschleusen stets Anlagen dar, deren Betrieb und Wartung ein höheres Maß an technischer Verantwortung erfordert und deren Störanfälligkeit gegenüber Schleusenanlagen höher einzuschätzen ist. Dies ist sicherlich der Hauptgrund dafür, daß Schiffshebewerke bis heute nur in einigen Ländern zur Ausführung gelangten". KUHN /12/ formuliert seinen Standpunkt wie folgt: "Hinsichtlich der Betriebssicherheit kann die Schleuse, ein robustes massives Bauwerk, als zuverlässig angesprochen werden. Aber auch eine Reihe von Hebewerken haben jahrzehntelang ihren Dienst ohne wesentliche Störungen geleistet, teilweise allerdings nach Überwindung unvermeidlicher anfänglicher Schwierigkeiten, die wohl in vielen Fällen durch Neuerungen verursacht worden sind ... Die ... Forderung nach einer robusten Bauweise im Verkehrswasserbau gilt auch und ganz besonders für die konstruktive, maschinelle und elektrische Ausrüstung von Hebewerken; ... ausgehungerte Entwürfe sind hier nicht am Platz." ILLIGER hatte bereits 1971 geschrieben /13/: "Als weiterer Vorteil wird allgemein angesehen, daß eine Schleuse weniger störanfällig ist als ein Hebewerk ... Die Erfahrungen mit dem Hebewerk Henrichenburg (Schwimmerhebewerk am Dortmund-Ems-Kanal/BRD) in den letzten Jahren zeigen aber, daß auch ein Hebewerk nicht als störanfälliger angesehen werden muß als eine Schleuse."

Die Betrachtungen im vorliegenden Beitrag betreffen schwerpunktmäßig Gegengewichtshebwerke. Sie beinhalten keinen Vergleich mit anderen Hebewerkarten, sondern sollen vor allem mit diesem Bauwerktyp gewonnene Erfahrungen vermitteln. Auf Grund derselben kann ein Gegengewichtshebwerk prinzipiell als betriebs-sicheres Bauwerk eingestuft werden. Am Beispiel des Gegengewichtshebwerkes Niederfinow hat dies der langjährige Leiter des Wasserstraßenamtes Eberswalde, O. BERG, zu dessen Bereich diese Anlage gehörte, nach seinerzeit rd. 35 Betriebsjahren wie folgt formuliert: "Dank des sehr sorgfältig ausgearbeiteten Entwurfs, der in erstklassiger Qualität erfolgten Bauausführung und sehr guten laufenden Unterhaltung, muß das Hebewerk Niederfinow als ein in jeder Hinsicht zweckmäßiges und betriebssicheres Bauwerk bezeichnet werden. Es hat sich in der Praxis glänzend bewährt ... Viele Fachexperten des In- und Auslandes haben der Wasserstraßenverwaltung ihre Anerkennung und Bewunderung dahingehend ausgesprochen, daß die Lösung dieser technisch ganz außerordentlich großen Aufgabe in so vorbildlicher Weise gelungen ist" /22/. Inzwischen ist das Schiffshebwerk Niederfinow - als ältestes der modernen Hebewerke - nunmehr über 50 Jahre in Betrieb, und die seither gewonnenen Erfahrungen stützen die obige Einschätzung. Am Beispiel des Schwimmer-Hebwerkes Magdeburg-Rothensee ist ebenfalls festzustellen, daß es sich als betriebssicheres und leistungsfähiges Bauwerk bewährt hat. Diese Erfahrungen und Einschätzungen präzisieren die oben zitierten Hinweise von PARTENSKY, KUHN und ILLIGER zur Betriebssicherheit von Schiffshebwerken im Vergleich zu Schiffsschleusen. Gleichzeitig bestätigten sie die von den vorstehend genannten Autoren getroffenen Feststellungen bezüglich robuster Bauweise sowie hoher technischer Verantwortung bei Betrieb und Wartung als Grundvoraussetzungen für die Betriebssicherheit.

2. Zur Hubhöhe

Durch Senkrechthebwerke mit Naßförderung und Gegengewichtsausgleich können sowohl technisch als auch ökonomisch günstig und in architektonisch befriedigender Weise große Höhenunterschiede überwunden werden (z. Z. bis 75 m in Realisierung).

3. Zum wasserbaulichen Modellversuchswesen

Hydraulische Modellversuche sind neben anderen vielfältigen Forschungs- und Versuchsarbeiten integrierender Teil der Entwicklung und Projektierung leistungsfähiger, funktionstüchtiger Schiffshebwerke. Nur die Nutzung aller

verfügbaren Hilfsmittel bzw. Untersuchungsmethoden führt bei der Komplexität dieser Anlagen zu angenähert optimalen Lösungen. In ähnlicher Weise können hydraulische Modellversuche genutzt werden, um den Betrieb bestehender Anlagen in bestimmten Grenzen leistungsfähiger zu gestalten (z. B. durch Veränderungen von Wasser- und Tauchtiefen, Errichtung von Treideleinrichtungen, Festlegung veränderter Betriebsregime u. ä.).

Der vorliegende Beitrag verdankt seine Entstehung sowohl der Tätigkeit der PIANC-Arbeitsgruppe für Schiffshebwerke als auch dem 50jährigen Jubiläum des Schiffshebwerkes Niederfinow und der damit verbundenen Einschätzung der Betriebserfahrungen. Die im Beitrag verarbeiteten Fakten und teilweise auch Wertungen gehen - der Natur der Thematik entsprechend - über den engeren Arbeits- und Erfahrungsbereich des Autors hinaus; er mußte sich u. a. auf Darstellungen von Fachkollegen stützen, die in jahrelanger Arbeit mit der Wartung und dem Betrieb der Anlagen, bei der Durchführung von Projektierungs- und Entwicklungsarbeiten usw. die Voraussetzungen schufen, den vorliegenden Erfahrungsfundus zusammenzustellen. Dafür sei an dieser Stelle allen, die daran Anteil hatten, herzlich gedankt.

8. Literatur

- / 1/ ROTHMUND, J.:

Die Schleuse ohne Wasserverbrauch.
"Die Bautechnik", 28 (1951) 6,
S. 136 und 7, S. 157.
- / 2/ DEHNERT, H.:

Schleusen und Hebewerke.
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/
Heidelberg 1954.
- / 3/ PRESS, H.:

Binnenwasserstraßen und Binnenhäfen.
Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn,
Berlin (West) 1956.
- / 4/ PARTENSCKY, H.-W.:

Binnenverkehrswasserbau - Schiffshebwerke.
Springer-Verlag, Berlin (West) 1984.
- / 5/ DONAU, H.;
SCHRÖDER, D. und
TZSCHUKE, H. P.:

Des écluses de faible hauteur aux
ouvrages de franchissement des
grandes chutes.
(Von Schleusen mit kleinen Hubhöhen
zu Bauwerken für die Überwindung
großer Höhen.)
In: Centenary of the PIANC,
1885 - 1985; Brüssel 1985.

- / 6/ GLAZIK, G.: Der 26. Internationale Schiffahrtskongreß 1985 in Brüssel - 100 Jahre PIANC - 100 Jahre internationale Zusammenarbeit zur Entwicklung von Schiffahrt und Verkehrswasserbau. "Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau", Heft 48, Berlin 1985.
- / 7/ STRAUBE, CH.: Die Generalreparatur des Schiffshebewerkes Niederfinow im Zeitraum 1984/1985. "Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau" (siehe vorliegendes Heft).
- / 8/ VÖLTER, J.: 50 Jahre Schiffshebewerk Niederfinow "Binnenschiffahrt", 27 (1984) 6 bis 10.
- / 9/ DIETRICH, E.: Das älteste deutsche Schiffshebewerk bei Halsbrücke und der Kanal von Großschirma nach Halsbrücke. "Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Dresden" 13 (1966) 3.
- /10/ HENTZE, J.: Wasserbau. Teil 2, 9. Auflage B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950.
- /11/ PRÜSSMANN: Vergleichung von Schleusen und mechanischen Hebewerken. "Zeitschrift für Bauwesen", Jahrgang 1905, S. 500 ff.
- /12/ KUHN, R.: Binnenverkehrswasserbau. Verlag Ernst und Sohn, Berlin (West) 1985.
- /13/ ILLIGER, J.: Schleusen und Hebewerke zur Überwindung großer Höhenunterschiede im Zuge von Wasserstraßen. "Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen"; Jahrgang 1971, Heft 2, S. 38.
- /14/ L'ascenseur de Strépy-Thieu. Ministère des Travaux publics, Brüssel 1985.

- /15/ GARZ, H.:
Schiffshebewerk Rothensee.
Herausgegeben von der DEWAG Magdeburg
in Zusammenarbeit mit der Hauptver-
waltung der Wasserstraßen und der
Binnenschifffahrt im Ministerium für
Verkehrswesen, 1977.
- /16/ KIEHNEL, H.:
Über Widerstände und Fahrzeiten beim
Einschleppen von Schiffen in Schleusen.
"Mitteilungen der Preussischen Ver-
suchsanstalt für Wasserbau und Schiff-
bau", Heft 24, Berlin 1936, S. 4
- /17/ AMTSBERG, H.:
Modellversuche über das Einschleppen
von Kanalkähnen in den Trog eines
Schiffshebewerkes.
"Mitteilungen der Preussischen Ver-
suchsanstalt für Wasserbau und Schiff-
bau", Heft 24, Berlin 1936, S. 84.
- /18/
Plan incliné de Ronquières.
Ministère des Travaux publics,
Brüssel 1985.
- /19/
Laboratoire de Recherches Hydrauliques.
Borgerhout 1985.
- /20/
Laboratoire Hydraulique de Chatelet.
PIANC, Brüssel 1985.
- /21/ DIETRICH, E.:
Beitrag zur Bestimmung der zweckmäßig-
sten Schiffshebeanlage für die Über-
windung großer Höhen an Binnenschiff-
fahrtskanälen unter besonderer Berück-
sichtigung der Hubgeschwindigkeiten.
Dissertation, Fakultät für Verkehrs-
wasserbauwesen der Hochschule für Ver-
kehrswesen "Friedrich List", Dresden
1964.
- /22/ BERG, O.:
Das Schiffshebewerk Niederfinow.
Herausgegeben von der URANIA, Gesell-
schaft zur Verbreitung wissenschaft-
licher Kenntnisse, Eberswalde 1968.